

PAT-NO: JP404265853A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04265853 A

TITLE: FLAW DEPTH IDENTIFICATION METHOD AND DEVICE
FOR IDENTIFYING ID FLAW AND OD FLAW OF PIPE

PUBN-DATE: September 22, 1992

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

CANTOR, BARRY I

FLORA, JOHN H

LATIMER, PAUL J

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

BABCOCK & WILCOX CO:THE

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP03296573

APPL-DATE: October 17, 1991

INT-CL (IPC): G01N029/04, G01N029/10

ABSTRACT:

PURPOSE: To identify 5% or less flaw depth of the pipe wall thickness of an electrical resistance welded part in a product such as the pipe and 10% or more flaw depth.

CONSTITUTION: A device for identifying approximately 5% or less and approximately 10 % or more depth of the pipe wall thickness of the electrical resistance welded part of a product such as a pipe detects reflected ultrasonic wave surface waves and shear waves by generating ultrasonic wave surface waves using at least two first and second electromagnetic acoustic transducers and

propagating the surface waves along the surface of a welded line and generating ultrasonic shear waves by a second electromagnetic acoustic transducer and propagating the shear waves through a welded line. The flaw depth of the product is identified by using the amplitude of the detected surface wave and shear wave signals and cooperating with a logic circuit means 22. The logic circuit means 22 operates an alarm 24 for a flaw depth that is 10% or more but does not operate it for a flaw depth that is 5% or less, thus avoiding the unneeded elimination of a fine flaw and hence avoiding the waste of time and material due to the elimination of the product with a fine flaw as a nonconforming article.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-265853

(43) 公開日 平成4年(1992)9月22日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 29/04	5 0 4	6928-2 J		
29/10	5 0 5	6928-2 J		

審査請求 有 請求項の数10(全 7 頁)

(21) 出願番号	特願平3-296573	(71) 出願人	390023113 ザ・バブコック・アンド・ウイルコックス・カンパニー THE BABCOCK AND WILCOX COMPANY アメリカ合衆国70160ルイジアナ州ニューオーリーーンズ、ビー・オー・ボックス60035、コモン・ストリート 1010
(22) 出願日	平成3年(1991)10月17日	(72) 発明者	バリー・アイ・キヤンター 米国バージニア州リンチバーグ、ウインザー・ロード204
(31) 優先権主張番号	6 0 3 3 3 4	(74) 代理人	弁理士 倉内 基弘 (外1名)
(32) 優先日	1990年10月24日		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

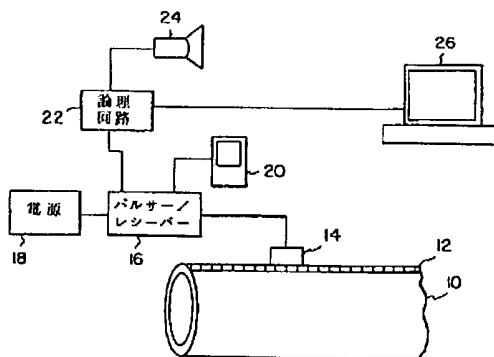
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 筒状製品の点検における傷深度の識別方法及び装置

(57) 【要約】

【目的】 管等の製品における電気抵抗溶接部の管壁厚の5%以下の傷深度と10%以上の傷深度を識別するための傷深度識別方法及び装置を提供すること。

【構成】 管等の製品の電気抵抗溶接部の傷の管壁厚の約5%以下の深さのものと約10%以上の深さのものを識別する方法及び装置。少くとも2つの第1及び第2電磁音響トランスジューサを用いて超音波表面波を発生させて該表面波を前記溶接線の表面に沿って伝播させ、第2電磁音響トランスジューサによって超音波剪断波を発生させて該剪断波を前記溶接線を貫通して伝播させ、反射された超音波表面波及び剪断波を検出し、検出された表面波及び剪断波信号の振幅を用いて論理回路手段と連携して該製品の傷深度を識別する。論理回路手段は、10%以上の傷深度については警報器を作動させるが、5%以下の傷深度については警報器を作動させず、それによって些細な傷の不必要な排除を回避することができるので、些細な傷を有する製品を不合格品として排除することによる時間及び材料の無駄を回避することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】製品の傷深度を識別する方法であって、該製品の溶接線に近接させて少くとも2つの第1及び第2電磁音響トランスジューサを位置づけし、第1電磁音響トランスジューサによって超音波表面波を発生させて該表面波を前記溶接線の表面に沿って伝播させ、第2電磁音響トランスジューサによって超音波剪断波を発生させて該剪断波を前記溶接線を貫通して伝播させ、反射された超音波表面波及び剪断波を検出し、検出された表面波及び剪断波信号の振幅を用いて論理回路手段と連携して該製品の傷深度を識別すること、から成る傷深度識別方法。

【請求項2】信号の振幅を用いて傷深度を識別する前記工程は、約10%以上の深さを有する貫壁傷を確認する操作を含むことを特徴とする請求項1に記載の傷深度識別方法。

【請求項3】約10%以上の深さを有する貫壁傷を報知するための警報を発する操作を含むことを特徴とする請求項1に記載の傷深度識別方法。

【請求項4】信号の振幅を用いて傷深度を識別する前記工程は、約5%以下の深さを有する貫壁傷を報知するための警報を発しないことを特徴とする請求項3に記載の傷深度識別方法。

【請求項5】製品の傷深度を識別するための装置であって、超音波表面波及び剪断波を発生し、該表面波を前記溶接線を横切って伝播させ、該剪断波を該溶接線を貫通して伝播させるためのトランスジューサ手段と、該伝播された超音波表面波及び剪断波を受取り、製品の傷深度を測定するためのレシーバ手段と、該レシーバ手段と連携して製品の傷深度を識別するための論理回路手段と、から成る傷深度識別装置。

【請求項6】前記論理回路手段は、約10%以上の深さを有する貫壁傷を確認するものであることを特徴とする請求項5に記載の傷深度識別装置。

【請求項7】貫壁傷が約10%以上であるとき前記論理回路手段に応答して警報を発するための警報器を有することを特徴とする請求項6に記載の傷深度識別装置。

【請求項8】前記論理回路手段は、約5%以下の深さを有する貫壁傷を確認するものであることを特徴とする請求項7に記載の傷深度識別装置。

【請求項9】前記トランスジューサ手段は、少くとも2つの電磁音響トランスジューサを保持するためのキャリアッジを含むことを特徴とする請求項5に記載の傷深度識別装置。

【請求項10】前記キャリアッジは、少くとも2つの電磁音響トランスジューサを重ね合わせ状態に配置することを特徴とする請求項9に記載の傷深度識別装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、傷深度識別方法及び装

置に関し、特に、管等の製品における電気抵抗溶接部（ERW）の管壁厚の5%以下の傷深度と10%以上の傷深度を識別するための傷深度識別方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】平坦な素材から管を製造する場合、素材を円筒形に曲げてその長手側縁を溶接によって結合し、長手継目、即ち溶接線を形成する。この溶接線の亀裂や溶接融合の欠落等の欠陥（傷）を検査し、所定限度を超える深さの傷を有するチューブ又はパイプ（以下「管」と総称する）等の製品を不合格品として排除することが重要である。

【0003】電気抵抗溶接により接合された管の最終点検において融剤の漏れ及び慣用の超音波法によって溶接線を検査することは業界において周知である。傷の点検を行うための大抵の超音波法は、超音波剪断波（以下、単に「剪断波」とも称する）だけに依存し、貫壁深度の関数として変化する反射振幅（反射された超音波信号の振幅）の変化に依拠している。しかしながら、このようにして得られる限られた情報は、超音波と傷との間の相互作用が複雑であるため、信頼性が低い。超音波と傷との間の複雑な相互作用は、傷の位置（即ち、傷が外周面（OD）にあるか、内周面（ID）にあるか、あるいは壁中にあるか）、傷の向き、及び傷の形状及び凹凸度等のその他の幾何学的要素に左右される。ここで、「貫壁深度」とは、管壁を貫通する方向の傷の深さをいう。貫壁傷とは、管壁を貫通する方向の傷のことである。

【0004】米国特許第3,868,847号は、継目溶接のような細長い溶接を超音波によって点検するために管の内部に嵌合させる装置を開示している。この装置においては、溶接部を最も厚い部分に沿って点検するために長手方向波用超音波トランスジューサが設けられている。又、溶接金属と溶接すべきプレートとの間の境界帯域を点検するために剪断波用超音波トランスジューサが使用される。

【0005】米国特許第4,658,649号は、長手方向波モードと剪断波用モードを用いて金属の欠陥検出測定するための超音波方法及び装置を開示している。この特許の方法においては、長手方向モードの超音波（長手方向波）と剪断モードの超音波（剪断波）を被検物体内に伝播させ、剪断波を被検物体の対向面から反射させることによって長手方向波にモード変換させる。この伝播されモード変換された超音波は、被検物体の傷のいろいろな部分から反射され、そのエコーが時間的に順次にレシーバトランスジューサに到達する。

【0006】米国特許第4,289,030号は、管の継目溶接に近接した部分の傷を点検するための方法を開示している。この方法においては、電磁音響トランスジューサ（EMAT）により管壁内に水平方向に偏波された剪断波を発生させ、管を監視して、反射された水平方

向偏波剪断波を検出し、その反射剪断波の振幅の経時変化をディスプレイに表示する。この超音波発生、監視、表示工程を管の長手に沿って反復して実施し、その管の一定長部分の総括的な傷点検を行う。

【0007】米国特許第4,627,289号は、電気抵抗加熱により溶接された鋼管の傷を超音波により点検する方法を開示している。この方法においては、25MHzから500MHzの周波数の超音波を管の溶接部へ0°～12°の入射角で投入し、更に、2MHzから10MHzの周波数の別の超音波を同じ溶接部へ15°～27°の入射角で投入し、常温溶接傷と、混入物や侵入物のようなその他の欠陥との識別を行う。

【0008】複数のトランスジューサ配列体を用いる超音波検査法は、米国特許第4,718,277号、4,660,419号、4,641,531号、4,541,064号3,828,609号及び4,803,486号に教示されているように斯界において周知である。非破壊試験に関連したその他の文献として、米国特許第4,679,437号、3,921,440号及び米国再発行特許第30,926号等がある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】以上に述べた従来技術の超音波検査法はいずれも完全なものではなく、電気抵抗加熱により溶接された管の点検の最終段階において、高い点検速度を維持すること、良好な点検精度を維持すること、管壁厚の5%以下の傷深度と10%以上の傷深度を識別することができること等の要望がある。理想的な点検法は、10%以上の貫壁深度（管壁を貫通する方向の深さ）を有するすべての傷を100%検出することができ、5%以下の貫壁深度の傷を有する管を不合格品として排除することを回避することができる方法である。このような基準を適用することによって点検の基準要件を充足することができ、些細な傷の不必要な排除を回避することができ、それによって生じる時間及び材料の無駄を回避することができる。従って、本発明は、上記の要望を充足することを課題とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、管壁厚の5%以下の傷深度と10%以上の傷深度を識別するための方法及び装置を提供することによって従来技術に随伴する上記及びその他の問題を解決する。本発明によれば、検査すべき製品の溶接線に近接させて少くとも2つの第1及び第2電磁音響トランスジューサを位置づける。第1電磁音響トランスジューサは、超音波表面波（以下、単に「表面波」とも称する）を発生させ、第2電磁音響トランスジューサは、超音波剪断波（以下、単に「剪断波」とも称する）を発生させる。第1電磁音響トランスジューサによって発生させた超音波表面波を製品の溶接線の表面に沿って伝播させ、第2電磁音響トランスジューサによって発生させた超音波剪断波を該溶接線を貫通

して伝播させ、反射されてきた超音波表面波及び剪断波を同じ（パルス-エコー）トランスジューサで受取り（レシーブし）、製品の傷の深さを測定する。論理回路式識別手段が、管壁厚の5%以下の傷深度と10%以上の傷深度を確認し、その情報を警報機へ伝送して管壁厚の約10%以上の深さの傷が検出されたときは音声で報知する。そのデータを記録し、以後の処理を行うためのコンピュータ及びプリンターを設けることができる。

【0011】本発明は、管の傷から反射される超音波の振幅は、傷の壁厚方向の深さに応じて、又、傷が管の外周面側にあるか、内周面側にあるかによって、又その他の幾何学的要素によって異なるという事実を利用するものである。従って、本発明の目的は、電気抵抗溶接部の管壁厚の5%以下の傷深度と10%以上の傷深度を識別するための方法及び装置を提供することである。本発明の他の目的は、電気抵抗溶接部の点検において、高い点検速度を維持すること、良好な点検精度を維持することができる傷識別方法及び装置を提供することである。

【0012】

【実施例】第1図を参照すると、本発明の装置を点検すべきチューブ又はパイプ等の製品10に装填したところを示す概略ブロック図である。チューブ又はパイプ（以下「管」と総称する）10は、周知の態様で平坦な素材からそれを円筒形に曲げてその長手側縁を溶接し、長手継目、即ち溶接線12を形成することによって製造される。このようにして製造された管10を最終検査のために保持機構（図示せず）に取付ける。

【0013】超音波トランスジューサ手段14は、パルス-エコーモードで作動し、溶接線12の周りの領域を点検するための超音波表面波（以下、単に「表面波」とも称する）と超音波剪断波（以下、単に「剪断波」とも称する）の両方を溶接線12に向けて発生し、溶接線領域に伝播されそこから反射されてきた超音波（表面波及び剪断波）を受取る。超音波トランスジューサ手段（以下、単に「トランスジューサ手段」とも称する）14は、受取った反射超音波（表面波及び剪断波）を電気信号に変換する。それらの反射超音波の信号は、電源18によって作動されるパルサー（パルス発生器）/レシーバ（受信機）16によって受取られ、オシロスコープ20のようなディスプレイ上に表示される。オシロスコープ20上にディスプレイされた超音波の振幅は、傷の有無及び所定の基準単位に基づく傷深度を表す。

【0014】論理回路式識別手段（以下、単に「論理回路手段」とも称する）22は、後に詳述するように、パルサー/レシーバ16から、上記反射超音波の信号を受取り、電気抵抗溶接部（ERW）の管壁厚の5%以下の傷深度と10%以上の傷深度を確認する。論理回路式識別手段22は、管10のID（内周面）の傷又はOD（外周面）の傷が約10%以上の貫壁深度（管壁を貫通する方向の深さ）を有するときは警報器24により警報

(音声又は視覚又はその両方による警報)を発する。論理回路手段22は、管10の内周面又は外周面の傷の貫壁深度が5%未満であるときは警報を発しない。論理回路手段22は、独立したユニットであってもよく、あるいは、パルサー/レシーバ16に回路板として一体に組込んでよい。

【0015】データを更に計算したり、プリンター(図示せず)で印刷したりするためにコンピュータ又はマイクロプロセッサ26を論理回路手段22に接続することもできる。

【0016】トランスジューサ手段14は、第2、3図に示されるように、キャリッジ30に保持させたパルス化マグネット28と、マグネット28の下側に配置された2つの電磁音響トランスジューサ(EMAT)32、34から成る。第3図に示されるように、2つの電磁音響トランスジューサ32と34は、メアングー形に互いに重ね合わされている。一方の電磁音響トランスジューサ34は表面波を発生する。他方の電磁音響トランスジューサ32は、好ましい実施例では、溶接線12の長手軸線に対して約30°の入射角で剪断波を発生する。これらのEMATの詳細構造及びその作動原理は当該技術分野において周知である。キャリッジ30は、アルミニウム又はその他の適当な材料で製造し、点検のための移動を容易にするために車輪36を備えている。本発明は、表面波を発生する1つの電磁音響トランスジューサと剪断波を発生する1つの電磁音響トランスジューサを含む少なくとも2つの電磁音響トランスジューサ(32、34)を備えている限り上記以外の他の構成の点検装置に組合せて適用することもできることを理解されたい。

【0017】本発明の作動原理は、傷から反射される超音波の振幅には、その傷の貫壁深度に関連した差異があること、又、その傷が管の外周面側にあるか、内周面側にあるかによって差異があること、又、その他の幾何学的要素に関連した差異があるという事実に基づいている。

【0018】第4図を参照すると、論理回路手段22は、パルサー/レシーバ16から2つの入来信号、即ち、剪断波信号38と、表面波信号40を受取り、所定の深度より深いID又はOD傷(内周面の傷又は外周面の傷)の存在を知らせる。集積回路IC1、IC2及びIC3は、所要の論理信号を発生するように構成されたアナログ比較器、好ましくはLM339型比較器である。警報レベル(警報を発するか否かの判定基準)のための域値を設定するために可変抵抗器R1、R2及びR3(好ましくは10K抵抗器)が用いられる。詳述すれば、集積回路IC1と抵抗器R1との組合せは、剪断波の警報レベルを設定し、集積回路IC2と抵抗器R2との組合せは、表面波の警報レベルを設定する。集積回路IC3と抵抗器R3との組合せは、傷深度の識別を行うのに必要とされる表面波信号のためのノイズ域値を設定

する。

【0019】剪断波信号38と表面波信号40の両方がそれぞれの警報レベル域値を越えると、所定深度以上のOD傷の存在を示すOD傷警報42の信号が、ANDゲートである集積回路IC4によって発せられる。剪断波信号38が警報レベル域値を越え、表面波信号40がノイズ域値より低いときは、所定深度以上のID傷の存在を示すID傷警報44の信号が、ANDゲートである集積回路IC5によって発せられる。

【0020】作動において、トランスジューサ14と、パルサー/レシーバ16と、オシロスコープ20が剪断波チャンネル及び表面波チャンネルに関して校正される。剪断波信号38のためのゲートは、管壁厚の約10%以上のID傷及びOD傷深度のための警報器をトリガーするように設定される。その場合、この装置の固有の感度特性の故に、5%以下の深度のOD傷については大抵の場合警報が発せられるが、5%以下の深度のID傷については警報が発せられない。5%以下の深度のOD傷について大抵の場合警報が発せられるのは、円筒形の形状を有する被検物体に対して30°入射角の剪断波が用いられた場合、OD傷からの振幅レスポンスは、通常、同様のID傷からの振幅レスポンスより大きいからである。表面波信号40のためのゲートは、管壁厚の約10%以上のOD傷深度のための警報器をトリガーするように設定される。それによって、5%以下の深度のOD傷については警報を発しないようにされる。

【0021】第5～8図は、オシロスコープに現れた上記剪断波信号及び表面波信号の波形図である。これらの図におけるオシロスコープの1目盛は0.2Vである。剪断波のための域値も、表面波域値も、1.4Vに設定されている。調節可能なノイズ域値は、0.26Vに設定されている。第5図は、剪断波が近似域値に到達し(図の左半分)、表面波の域値超過が生じていない(図の右半分)ことにより5%以下の深度のOD傷が存在することを表すオシロスコープの波形図である。第6図は、剪断波の域値超過が生じていない(図の左半分)ことにより5%以下の深度のID傷が存在することを表すオシロスコープの波形図である。第7図は、剪断波の域値超過が生じた(図の左半分)ことにより10%以上の深度のID傷が存在することを表すオシロスコープの波形図である。第8図は、剪断波の域値超過(図の左半分)並びに表面波の域値超過(図の右半分)が生じたことにより10%以上の深度のOD傷が存在することを表すオシロスコープの波形図である。

【0022】本発明の論理的原理を理解するために更に例を挙げて説明する。例1:剪断波と表面波が両方ともにそれぞれの域値を超過し、剪断波信号38のためのチャンネルゲート(IC1、R1)と表面波信号40のためのチャンネルゲート(IC2、R2)の両方が開かれたときは、10%以上の深度のOD傷が存在することを

表し(第8図)、ANDゲート(IC4)を介してOD
 傷警報42を発し、論理回路手段22からの該OD傷警
 報42が警報器24(第1図)を作動させ、検査者に警
 告を発する。例2: 剪断波信号38のためのチャンネル
 ゲート(IC1, R1)が開かれたが、表面波信号40
 のためのチャンネルゲート(IC2, R2)が開かれな
 いときは、(a) 10%以上の深度のID傷が存在する
 ことを表す場合(第7図)と、(b) 5%以下の深度の
 OD傷が存在することを表す場合(第5図)の2つの場
 合がある。論理回路手段22は、通常の表面波チャン
 ネルゲート(IC2, R2)の他に、上記2つの場合
 (a)と(b)を識別するために、表面波信号40を処
 理するアナログ比較器IC3と可変抵抗器R3との組合
 せにより調節可能域値検出器(IC3, R3)を構成す
 る。この調節可能域値検出器(IC3, R3)は、調節
 可能ゲートインバーターである。調節可能域値(40)
 は、上記ノイズレベルより僅かに高い値に設定する。か
 くして、調節可能域値検出器(IC3, R3)は、表面
 波チャンネルの域値より低い信号の有無を知らせる。

【0023】従って、剪断波信号38が剪断波チャン
 ネルゲート(IC1, R1)を開き、調節可能ゲートイン
 バーター(IC3, R3)に信号が存在しない場合は、
 論理機能により信号がANDゲートIC5へ送られる。
 一方、開かれた剪断波チャンネルゲート(IC1, R
 1)からの信号もANDゲートIC5へ送れるので、I
 D傷警報44を発し、それによって警報器24を作動さ
 せて(a) 10%以上の深度のID傷の存在を知らせ
 る。域値より低い表面波信号40が調節可能域値検出器
 (IC3, R3)へ送られると、ANDゲートIC4へ
 は信号が送られないので、(b) 5%以下の深度のOD
 傷の存在を知らせる警報は発せられない。

【0024】ID傷及びOD傷を知らせるための音声警
 報器としてはいろいろなタイプのものを用いることがで
 き、音声警報器と組合せて、又は別個に視覚警報器を設
 けることもできる。

【0025】

【発明の効果】先に述べたように、本発明の作動原理
 は、傷から反射される超音波の振幅には、その傷の貫壁
 深度に関連した差異があること、又、その傷が管の外周
 面側にあるか、内周面側にあるかによって差異があるこ
 と、又、その他の幾何学的要素に関連した差異があるこ
 とという事実に基づいている。考えられるあらゆる応用例
 の中で、表面波だけを用いて傷の貫壁深度を識別できる
 応用例と、剪断波だけを用いて傷の貫壁深度を識別でき
 る応用例との間に必ずしも明確な区別があるわけではない
 が、いずれにしても、本発明は、表面波と剪断波の両方
 からの情報を組合せることによって、より正確な貫壁傷

深度の識別を行うことができる信頼性の高い方法及び装
 置を提供する。この両方の情報の組合せにより、貫壁傷
 の深さに基因する超音波の振幅の変化を識別することを
 可能にする。

【0026】本発明は、現在の当該分野における生産速
 度に適合する点検速度を可能にする。即ち、本発明によ
 れば、15~30.5m/分(50~100ft/分)
 の速度で検査を実施することができた。従来の超音波検
 査法は、超音波の連結に随伴する諸問題によりその走査
 速度が制限される。

【0027】以上、本発明を実施例に関連して説明した
 が、本発明は、ここに例示した実施例の構造及び形態に
 限定されるものではなく、本発明の精神及び範囲から逸
 脱することなく、いろいろな実施形態が可能であり、い
 ろいろな変更及び改変を加えることができることを理解
 されたい。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1図は、本発明の装置の概略図である。

【図2】第2図は、本発明の好ましい実施例による装置
 の一部分の透視図である。

【図3】第3図は、本発明に使用される電磁音響トラン
 スジューサの底面図である。

【図4】第4図は、本発明に使用される論理回路式識別
 手段のゲート回路の概略図である。

【図5】第5図は、本発明に従ってオシロスコープに表
 示される超音波の波形図であり、5%以下の深度のOD
 傷の存在を示す。

【図6】第6図は、本発明に従ってオシロスコープに表
 示される超音波の波形図であり、5%以下の深度のID
 傷の存在を示す。

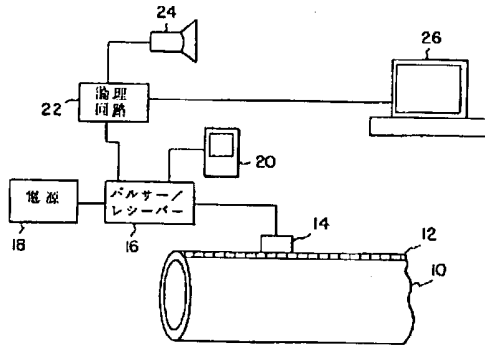
【図7】第7図は、本発明に従ってオシロスコープに表
 示される超音波の波形図であり、10%以上の深度のI
 D傷の存在を示す。

【図8】第8図は、本発明に従ってオシロスコープに表
 示される超音波の波形図であり、10%以上の深度のO
 D傷の存在を示す。

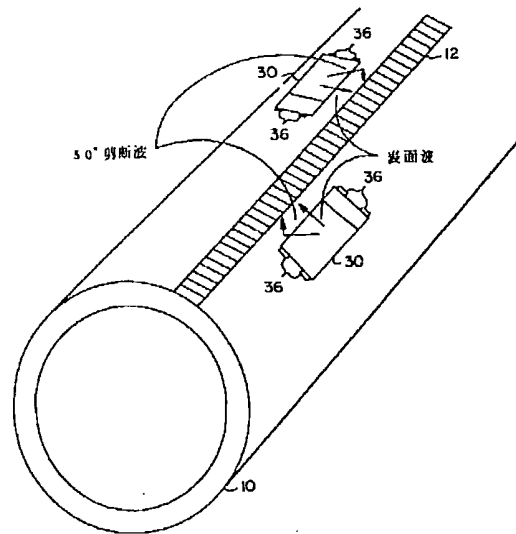
【符号の説明】

- 10: 製品
- 12: 溶接線
- 14: 超音波トランスジューサ
- 16: バルサー
- 20: ディスプレー(オシロスコープ)
- 22: 論理回路式識別手段
- 24: 警報器
- 28: バルスマグネット
- 30: キャリッジ
- 32, 34: 電磁音響トランスジューサ

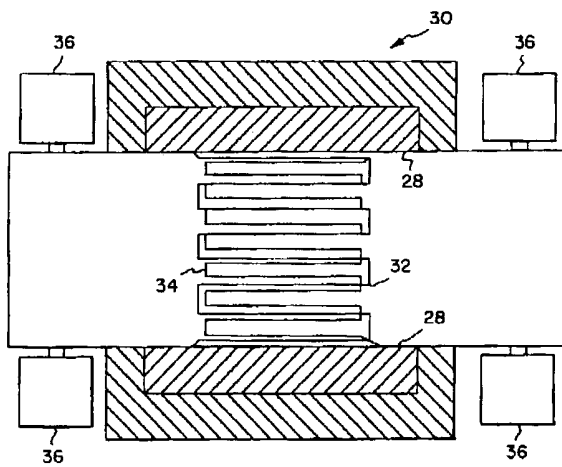
【図1】



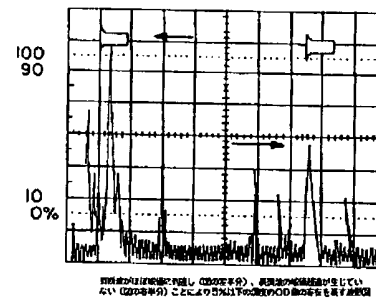
【図2】



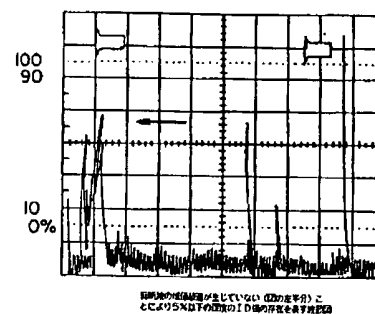
【図3】



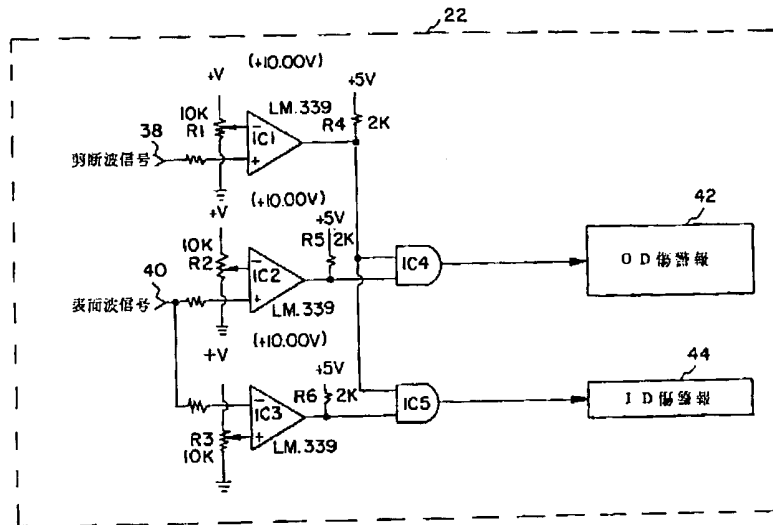
【図5】



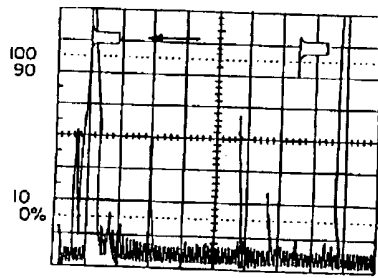
【図6】



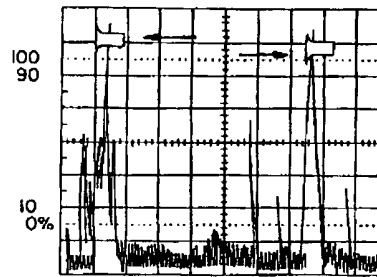
【図4】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 ジョン・エイチ・フローラ
米国バージニア州リンチバーグ、ウエジウ
ツド・ロード5108

(72)発明者 ポール・ジェイ・ラティマー
米国バージニア州リンチバーグ、ジュニバ
ー・ドライブ303